

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: **Kazunori YAMANAKA, et al.**

Group Art Unit: **Not Yet Assigned**

Serial No.: **Not Yet Assigned**

Examiner: **Not Yet Assigned**

Filed: **August 26, 2003**

For: **DIELECTRIC WAVEGUIDE AND METHOD OF PRODUCTION THEREOF**

**CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Date: August 26, 2003

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

**Japanese Appln. No. 2002-255644, filed August 30, 2002**

In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,

ARMSTRONG, WESTERMAN & HATTORI, LLP



Donald W. Hanson  
Attorney for Applicants  
Reg. No. 27,133

DWH/jaz  
Atty. Docket No. **031031**  
Suite 1000  
1725 K Street, N.W.  
Washington, D.C. 20006  
(202) 659-2930



**23850**

PATENT TRADEMARK OFFICE

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月30日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-255644

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-255644 ]

出 願 人

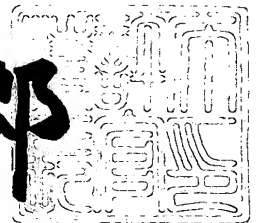
Applicant(s):

富士通株式会社

2003年 1月17日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2002-3107246

【書類名】 特許願

【整理番号】 0240540

【提出日】 平成14年 8月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01P 3/00

【発明の名称】 誘電体導波管及びその製造方法

【請求項の数】 10

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

    【氏名】 山中 一典

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

    【氏名】 赤瀬川 章彦

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

    【氏名】 志垣 雅文

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

    【氏名】 中澤 勇夫

【特許出願人】

    【識別番号】 000005223

    【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100090273

    【弁理士】

【氏名又は名称】 國分 孝悦

【電話番号】 03-3590-8901

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 035493

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9908504

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 誘電体導波管及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 (001)、(100)又は(010)面の表面を有する第 1 の単結晶酸化マグネシウムブロックと、

前記表面上に、該表面に対し垂直に c 軸結晶配向して形成される第 1 の銅酸化物超伝導体膜と

を有する誘電体導波管。

【請求項 2】 さらに、(001)、(100)又は(010)面の表面を有する第 2 の単結晶酸化マグネシウムブロックと、

前記第 2 の単結晶酸化マグネシウムブロックの表面上に、該表面に対し垂直に c 軸結晶配向して形成される第 2 の銅酸化物超伝導体膜とを有し、

前記第 1 の単結晶酸化マグネシウムブロックは、45度ベント構造を形成するための(011)、(101)又は(110)の表面を有し、該表面上に前記第 2 の銅酸化物超伝導体膜が接触する請求項 1 記載の誘電体導波管。

【請求項 3】 前記第 1 の銅酸化物超伝導体膜は、 $\text{Bi}_{n1}\text{Sr}_{n2}\text{Ca}_{n3}\text{Cu}_{n4}\text{O}_{n5}$  ( $1.8 \leq n1 \leq 2.2$ ,  $1.8 \leq n2 \leq 2.2$ ,  $0.9 \leq n3 \leq 1.2$ ,  $1.8 \leq n4 \leq 2.2$ ,  $7.8 \leq n5 \leq 8.4$ )、 $\text{Pb}_{k1}\text{Bi}_{k2}\text{Sr}_{k3}\text{Ca}_{k4}\text{Cu}_{k5}\text{O}_{k6}$  ( $1.8 \leq k1+k2 \leq 2.2$ ,  $0 \leq k1 \leq 0.6$ ,  $1.8 \leq k3 \leq 2.2$ ,  $1.8 \leq k4 \leq 2.2$ ,  $1.8 \leq k5 \leq 2.2$ ,  $9.5 \leq k6 \leq 10.8$ )、 $\text{Y}_{m1}\text{Ba}_{m2}\text{Cu}_{m3}\text{O}_{m4}$  ( $0.5 \leq m1 \leq 1.2$ ,  $1.8 \leq m2 \leq 2.2$ ,  $2.5 \leq m3 \leq 3.5$ ,  $6.6 \leq m4 \leq 7.0$ )、 $\text{RE}_{p1}\text{Ba}_{p2}\text{Cu}_{p3}\text{O}_{p4}$  (RE: 希土類元素のうち La, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu のいずれかからなる,  $0.5 \leq m1 \leq 1.2$ ,  $1.8 \leq m2 \leq 2.2$ ,  $2.5 \leq m3 \leq 3.5$ ,  $6.6 \leq m4 \leq 7.0$ ) の結晶構造異方性を示す何れか 1 種類以上の酸化物高温超伝導体である請求項 1 記載の誘電体導波管。

【請求項 4】 さらに、前記第 1 の銅酸化物超伝導体膜の表面に形成される銀を含む保護膜を有する請求項 1 記載の誘電体導波管。

【請求項 5】 さらに、前記第 1 の銅酸化物超伝導体膜に他の部材を接着するために形成される、ガラスフリットを含まない有機物及び銀粉末を含む銀ペースト、又はインジウムの接着膜を有する請求項 1 記載の誘電体導波管。

【請求項 6】 さらに、前記第 1 の銅酸化物超伝導体膜が形成された前記第

1 の単結晶酸化マグネシウムブロックを他の部材に固定するために、前記第 1 の銅酸化物超伝導体膜に直接密着する部分をコパール、インバー、酸化マグネシウム焼結体、安定化ジルコニア、部分安定化ジルコニア、100 K 以下でも変形可能なポリテトラフルオロエチレン、エチレンテトラフルオロエチレンの何れか 1 種類以上で構成した固定具を有する請求項 1 記載の誘電体導波管。

【請求項 7】 さらに、前記第 1 の銅酸化物超伝導体膜が形成された前記第 1 の単結晶酸化マグネシウムブロックを固定するための台座を有する請求項 1 記載の誘電体導波管。

【請求項 8】 前記第 1 の単結晶酸化マグネシウムブロックは、前記台座に機械的に固定される請求項 7 記載の誘電体導波管。

【請求項 9】 (001)、(100)又は(010)面の表面を有する第 1 の単結晶酸化マグネシウムブロックを準備する準備工程と、

前記表面上に、該表面に対し垂直に c 軸結晶配向する第 1 の銅酸化物超伝導体膜を形成する形成工程と

を有する誘電体導波管の製造方法。

【請求項 10】 前記形成工程は、スパッタ法又は PLD (pulse laser deposition) 法により第 1 の銅酸化物超伝導体膜を形成する請求項 9 記載の誘電体導波管の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、マイクロ波、準ミリ波、ミリ波、サブミリ波等の高周波電気信号を伝送するための誘電体導波管及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

ミリ波を中心とした周波数帯では、導波管による回路、いわゆる立体回路がしばしば使用される。この導波管の断面寸法は周波数が上がるほど、1/2 波長を基準に考えて、一般に小型の寸法にできる。また導波管内の空洞の空間を、誘電体物質で埋めた構造にすることで、導波管内の寸法は  $\epsilon_r^{-1/2}$  倍の大きさにでき小

型化できることが知られており、誘電体導波管回路と呼ばれている（小西良弘著、マイクロ波回路の基礎とその応用、p239、総合電子出版社、1990.）。ここで、 $\epsilon_r$ は該誘電体物質の比誘電率を表わす。

## 【 0 0 0 3 】

これらの導波管において、伝送路や共振器などの応用では、電磁界の信号エネルギーの損失が問われる。これらの損失は導体、誘電体におけるエネルギー損失が支配的であり、導体による損失は表面抵抗が増加するほど増加し、誘電体による損失は誘電損失（ $\tan \delta$ ）が増加するほど増加する。

## 【 0 0 0 4 】

また、金属超伝導体や酸化物超伝導体を導体として用いた低損失な導波管が研究開発されており、ニオブを用いた導波管型の空洞共振器は粒子加速器で実用になっている。

## 【 0 0 0 5 】

一方、MgO単結晶の（001）表面上では（立方晶なので、実質的に（001）、（010）、（100）面は同じ物性）、強いc軸結晶配向した銅酸化物超伝導膜が、スパッタ法、PLD (pulse laser deposition) 法など、複数の方法で得られることが知られている。これらの成膜として、減圧酸素雰囲気基板の上に600～800℃程度の高温度環境で堆積する方法があげられる。これらのc軸配向した膜は、a軸配向した膜に比べ、臨界温度 $T_c$ 以下の低温下で、膜面方向に超伝導電流を流しやすいことが知られている。該銅酸化物超伝導体の臨界温度 $T_c$ は、材料によるが、数十K以上のものが知られている。

## 【 0 0 0 6 】

また、導波管回路は、マイクロストリップライン型、コプレーナ型などの平面型回路に比べ、一般に低損失にしやすいが大きくなりやすい。

また、銅酸化物超伝導体膜を形成した基板を用い、超伝導平面型回路の形成が多数の機関で研究開発されている。これらは、準マイクロ波、マイクロ波では、通常の電気良導体である銅、金、銀、アルミニウムなどを回路伝送路の導体として用いた同様形態の回路に比べ、低損失（高無負荷Q）の回路を形成できることが認識されている。

【 0 0 0 7 】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、小型でより低損失（高無負荷Q）を得るための誘電体導波管及びその製造方法を提供することにある。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

本発明の一観点によれば、(001)、(100)又は(010)面の表面を有する第1の単結晶酸化マグネシウムブロックと、上記表面上に、該表面に対し垂直にc軸結晶配向して形成される第1の銅酸化物超伝導体膜とを有する誘電体導波管及びその製造方法が提供される。

【 0 0 0 9 】

第1の単結晶酸化マグネシウムブロックの表面上に対して垂直にc軸結晶配向する第1の銅酸化物超伝導体膜を形成することにより、小型かつ低損失（高無負荷Q）の誘電体導波管を提供することができる。

【 0 0 1 0 】

【発明の実施の形態】

（第1の実施形態）

図1は、本発明の第1の実施形態による誘電体導波管を示す。この誘電体導波管は、直線型の伝送路を持つ。この誘電体導波管は、マイクロ波、準ミリ波、ミリ波、サブミリ波等の高周波電気信号を伝送することができる。

【 0 0 1 1 】

単結晶酸化マグネシウム(MgO)ブロック101は、MgO単結晶の直方体ブロックである。MgOブロック101の6面は、(100)、(010)、(001)面のいずれかの結晶方位面を示す。銅酸化物超伝導体膜104は、主成分が $\text{GdBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  ( $x=6.8\sim 7.0$ )のGd-BaCu-O系材料である。銅酸化物超伝導体膜104は、MgOブロック101の6面中のXZ面の2面、及びXY面の2面に約 $0.8\mu\text{m}$ の膜厚で形成される。この際、銅酸化物超伝導体膜104は、MgOブロック101の面に対し垂直にc軸の結晶方向を持つように形成される。この詳細は、後に図2(A)～(D)を参照しながら説明する。

【 0 0 1 2 】



MgOブロック101において、YZ面の2面は入力ポート面及び出力ポート面である。入力ポート面に入力電気信号（電磁波）111が入力され、出力ポート面から出力電気信号（電磁波）112が出力される。入力ポート面及び出力ポート面には、銅酸化物超伝導体膜104が形成されない。

#### 【0013】

固定具103及び106は、黄銅製であり、それぞれインジウム102及び107を介して、銅酸化物超伝導体膜104が形成されたMgOブロック101を固定（接着）するためのものである。台座108は、銅酸化物超伝導体膜104が形成されたMgOブロック101を固定するための黄銅製板である。固定具103,106と台座108との間は、それぞれM1.2のネジで2箇所ずつ固定される。これにより、銅酸化物超伝導体膜104が形成されたMgOブロック101は、台座108に機械的に固定される。MgOブロック101と黄銅製の部材（固定具103,106及び台座108）とは、熱膨張率が異なる。それらの間に介在するインジウム102,107は、上記の熱膨張率の違いを吸収するための緩衝材である。

#### 【0014】

中心周波数が15GHzで帯域が1GHz程度の電磁界信号を $TE_{01}$ モードで通過させる場合、MgOブロック101の入力ポート面及び出力ポート面の寸法を0.4cm角程度にすれば、伝送信号周波数が遮断周波数以上となり使用できる。この場合、Y方向及びZ方向の寸法は同じであっても、同じでなくともよい。上記の周波数領域で、動作温度70K付近、誘電体導波管の長さが5~7cmの範囲程度の寸法では、誘電損失（ $\tan \delta$ ）が $10^{-5}$ 以下のMgOブロック101を用いることができる。

#### 【0015】

以上、本実施形態によれば、動作温度70Kでは、室温動作の銅製または内面を銀めっきした空洞型導波管に比べ、 $TE_{01}$ モードでは伝送損失を1/3~1/10程度に減らせ、かつ信号伝送方向に対し垂直面の面積を、通常の空洞型の導波管に比べ1/9~1/10程度に減らせるという効果がある。

#### 【0016】

図2（A）は、図1の銅酸化物超伝導体膜104が形成されたMgOブロック101の製造方法を示す。

まず、(001)、(100)又は(010)面の表面を有するMgOブロック101を準備する。図2(C)に示すように、MgOブロック101の立方晶ユニットセル122は、a軸、b軸及びc軸がすべて約4.2nmの同じ長さであり、この場合、通常、軸長は1種類の軸長で代表される。MgO単結晶の塊を所定の方位でカットして、MgOブロック101を形成する。MgOブロック101の6面は、(001)、(010)又は(100)面のいずれかになる。これら(001)、(010)及び(100)面は実質的に同じ物性である。すなわち、MgOブロックの6面のいずれの面にも、銅酸化物超伝導体膜104が形成可能である。

## 【0017】

次に、MgOブロック101の(001)、(010)又は(100)表面上に、該表面に対し垂直にc軸結晶配向する銅酸化物超伝導体膜104をスパッタ法又はPLD(pulse laser deposition)法等により形成する。例えば、減圧酸素雰囲気中のMgOブロック101上に600～800℃程度の高温度環境で銅酸化物超伝導体膜104を堆積することができる。

## 【0018】

図2(D)に示すように、例えば、 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  ( $x=6\sim7$ )の銅酸化物超伝導体膜104のユニットセル(単位格子)123は、結晶構造異方性を有する正方晶又は斜方晶であり、a軸及びb軸の長さ(すなわち格子定数a, b)が約3.8～3.9nm、c軸の長さ(すなわち格子定数c)が約11～12nmを示すことが知られている。正方晶は、ユニットセルにおけるa軸及びb軸の長さが同じである。斜方晶は、a軸及びb軸の長さがわずかに異なる。また、ユニットセル123は、c軸に対して垂直方向に超伝導電流121が流れ易い性質を有することが知られている。

## 【0019】

図2(B)に示すように、MgOブロック101の(001)、(010)又は(100)表面上に、該表面に対し垂直にc軸結晶配向する銅酸化物超伝導体膜104のユニットセル123を形成する。MgOブロック101のユニットセル122のa軸及びb軸の長さ(約4.2nm)と銅酸化物超伝導体膜104のユニットセル123のa軸及びb軸の長さ(約3.8～3.9nm)とは近い値であるので、結晶格子の整合の点ではエピタキシャル成長に有利であり、MgOブロック101の表面上に、その表面に対してc軸配向した銅酸化物超伝導体膜104がエピタキシャル成長し易いことが知られている。銅酸化物超伝導

体膜104をc軸配向させることにより、a軸配向の場合に比べ、超伝導電流121を流し易くすることができる。これにより、図2（A）に示すように、銅酸化物超伝導体膜104内に効率的に超伝導電流121を流すことができる。

#### 【0020】

##### （第2の実施形態）

図3は、本発明の第2の実施形態による誘電体導波管を示す。以下、第2の実施形態の誘電体導波管と第1の実施形態（図1）の誘電体導波管との違いを説明する。その他の点は同じである。図1の誘電体導波管では緩衝材としてインジウム102,107を設けたが、図3の誘電体導波管では緩衝材を用いない。

#### 【0021】

固定具133及び136は、直接、銅酸化物超伝導体膜104に密着される。台座138も、直接、銅酸化物超伝導体膜104に密着される。固定具133,136及び台座138は、MgOブロック101に対して熱膨張率の近い材料であり、例えば、コバール、インバー、酸化マグネシウム焼結体、安定化ジルコニア、部分安定化ジルコニア等である。また、固定具133,136及び台座138は、100K以下でも変形可能なPTFE（ポリテトラフルオロエチレン：Polytetrafluoroethylene）、ETFE（エチレンテトラフルオロエチレン：Ethylene Tetrafluoroethylene）等でもよい。

#### 【0022】

以上のように、固定具133,136及び台座138は、銅酸化物超伝導体膜104が形成されたMgOブロック101を固定するためのものであり、銅酸化物超伝導体膜104に直接密着する部分をコバール、インバー等の金属としては低熱膨張係数の合金、酸化マグネシウム焼結体、安定化ジルコニア、部分安定化ジルコニア、100K以下でも変形可能なPTFE、ETFEの何れか1種類以上で構成したものが好ましい。

#### 【0023】

##### （第3の実施形態）

図4は、本発明の第3の実施形態による45度ベント構造の誘電体導波管を示す。この誘電体導波管は、直角に曲がった部分を有する45度ベント構造の伝送路を持つ。単結晶MgOブロック201は、直角に曲がった直方体ブロックであり、XY面及びYZ面に対して45度、及びXZ面に対して90度の面を有する。以下、この面を45度

ベント面と呼ぶ。MgOブロック201表面において、XY面、XZ面及びYZ面のそれぞれの面は、(100)、(010)、(001)のいずれかの結晶方位面である。45度ベント面は、(011)、(101)又は(110)の結晶方位面である。

#### 【 0 0 2 4 】

MgOブロック201表面において、入力ポート面と出力ポート面を除き、XY面、XZ面及びYZ面に銅酸化物超伝導体膜203を形成する。銅酸化物超伝導体膜203は、主成分が $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  ( $x=6.8\sim7.0$ ) のY-Ba-Cu-O系材料であり、MgOブロック201の面に対し垂直にc軸の結晶方向を持つように形成される。銅酸化物超伝導体膜203の膜厚は、例えば約 $0.6\mu\text{m}$ である。

#### 【 0 0 2 5 】

台座202は、導波管（銅酸化物超伝導体膜203が形成されたMgOブロック201）を固定するための純度99%以上のMgO焼結基板である。接着膜204は、ガラス成分としてよく用いられる $\text{SiO}_2$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等を主成分としたガラスフリットを用いない有機物と銀粉末（平均粒径 $0.5\mu\text{m}\sim5\mu\text{m}$ ）からなる銀ペーストを焼結して形成される。MgOブロック201に銅酸化物超伝導体膜203を形成後、銅酸化物超伝導体膜203と台座202との対向面に該銀ペーストを $30\mu\text{m}$ 厚程度に塗布する。次に、導波管201,203と台座202を合わせ、乾燥させた後に、 $800^\circ\text{C}$ 以上、酸化雰囲気中（大気、酸素中など）で焼成することで、銀ペーストによる接着膜204を形成する。これにより、導波管201,203は、台座202に固定される。銀ペーストに $\text{SiO}_2$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等を主成分としたガラスフリットを含んだ場合、上記のガラスフリットは、銅酸化物超伝導体膜203と反応し、超伝導特性を損なわせてしまうことが多いので好ましくない。一方、上記のガラスフリットを含まない銀ペーストは、焼結中、銅酸化物超伝導体膜203と反応しにくく、超伝導特性を維持させることができ、好ましい。

#### 【 0 0 2 6 】

また、銅酸化物超伝導体膜205は、主成分が $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$  ( $x=6.8\sim7.0$ ) のY-Ba-Cu-O系材料の膜であり、単結晶MgOブロック206上に形成される。MgOブロック206は、(001)、(100)又は(010)面の表面を有する。銅酸化物超伝導体膜205は、MgOブロック206の(001)、(100)又は(010)表面上に、該表面に対し垂直にc軸結晶配

向して形成される。銅酸化物超伝導体膜205のエリアは、MgOブロック201の45度ベント面のエリアに対応する。以下の方法により、銅酸化物超伝導体膜205は、MgOブロック201の45度ベント面に接触し固定される。

#### 【 0 0 2 7 】

まず、上記と同じ種類の銀ペーストの接着膜208をMgO焼結体ブロック207の下面及び左側面上に $30\mu\text{m}$ 厚程度に塗布する。次に、銅酸化物超伝導体膜205が形成されたMgOブロック206を間に挟んで、MgOブロック207とMgOブロック201とを密着させて固定用ジグで固定する。固定した状態で乾燥し、その後、 $800^{\circ}\text{C}$ 以上、酸化雰囲気中（大気、酸素中など）で焼成することで、銀ペーストによる接着膜208を形成し固定する。接着膜208は、MgOブロック207と台座202との間を接着し、MgOブロック207とMgOブロック206との間を接着する。これにより、銅酸化物超伝導体膜205は、MgOブロック201の45度ベント面に接触固定される。

#### 【 0 0 2 8 】

MgOブロック201は、45度ベント面を有する。この45度ベント面は、(011)、(101)又は(110)の表面を有し、この表面上に銅酸化物超伝導体膜をエピタキシャル成長させることは困難である。そこで、上記のように、45度ベント面に銅酸化物超伝導体膜205を機械的に密着させることにより、45度ベント構造の誘電体導波管を形成する。

#### 【 0 0 2 9 】

中心周波数が40GHzで帯域が1GHz程度の電磁界信号を $\text{TE}_{01}$ モードで通過させる場合、及びMgOブロック201の入力ポート面及び出力ポート面の寸法が $0.15\text{cm}$ 角程度の場合、伝送信号周波数が遮断周波数以上となり使用できる。この場合、Y方向及びZ方向の寸法は同じであっても、同じでなくともよい。上記の周波数領域で、動作温度60K付近、誘電体導波管の長さが $5\sim 7\text{cm}$ の範囲程度の寸法では、該誘電体としてMgO結晶を選べば、誘電損失( $\tan\delta$ )が $10^{-4}\sim 10^{-5}$ 程度のものを用いることができる。以上、本実施形態によれば、動作温度60Kでは、室温動作の銅製または内面を銀めっきした空洞型導波管に比べ、 $\text{TE}_{01}$ モードでは伝送損失を $1/2\sim 1/10$ 程度に減らせ、かつ信号伝送方向に対し垂直面の面積を、通常の空洞型の導波管に比べ $1/9\sim 1/10$ 程度に減らせるという効果がある。

## 【 0 0 3 0 】

なお、銀ペースト204は、台座202と導波管201,203とを接着するための接着膜として設けたが、図5に示すように、銀ペースト221を、MgOブロック201上の銅酸化物超伝導体膜203の表面を覆うように設けてもよい。この銀ペースト221は、接着膜としての機能の他、銅酸化物超伝導体膜203のハンドリング上の保護膜としての機能を持つ。銀ペースト221は、上記の要領で塗布、乾燥、焼成し、保護膜として形成することができる。第1及び第2の実施形態の導波管においても、同様に保護膜を形成してもよい。

## 【 0 0 3 1 】

上記の第1～第3の実施形態によれば、MgOブロックの(001)、(100)又は(010)表面上に、該表面に対し垂直にc軸結晶配向する銅酸化物超伝導体膜を形成する。この誘電体導波管は、MgOブロックを誘電体とし銅酸化物超伝導体膜を導体膜とした導波管であり、信号伝送方向に対して垂直の断面が長方形又は正方形である。例えば動作温度70K、準ミリ波の20GHz帯の周波数では、室温動作の銅製導波管に比べ、伝送損失を数分1程度に減らせ、かつ信号伝送方向に対し垂直面の面積を、通常の空洞型の導波管に比べ1/9～1/10程度に減らせる。すなわち、小型かつ低損失（高無負荷Q）の誘電体導波管を提供することができる。

## 【 0 0 3 2 】

なお、上記の銅酸化物超伝導体膜は、 $\text{Bi}n_1\text{Sr}n_2\text{Ca}n_3\text{Cu}n_4\text{O}n_5$  ( $1.8 \leq n_1 \leq 2.2$ ,  $1.8 \leq n_2 \leq 2.2$ ,  $0.9 \leq n_3 \leq 1.2$ ,  $1.8 \leq n_4 \leq 2.2$ ,  $7.8 \leq n_5 \leq 8.4$ )、 $\text{Pb}k_1\text{Bi}k_2\text{Sr}k_3\text{Ca}k_4\text{Cu}k_5\text{O}k_6$  ( $1.8 \leq k_1+k_2 \leq 2.2$ ,  $0 \leq k_1 \leq 0.6$ ,  $1.8 \leq k_3 \leq 2.2$ ,  $1.8 \leq k_4 \leq 2.2$ ,  $1.8 \leq k_5 \leq 2.2$ ,  $9.5 \leq k_6 \leq 10.8$ )、 $\text{Y}m_1\text{Ba}m_2\text{Cu}m_3\text{O}m_4$  ( $0.5 \leq m_1 \leq 1.2$ ,  $1.8 \leq m_2 \leq 2.2$ ,  $2.5 \leq m_3 \leq 3.5$ ,  $6.6 \leq m_4 \leq 7.0$ )、 $\text{RE}p_1\text{Ba}p_2\text{Cu}p_3\text{O}p_4$  (RE: 希土類元素のうちLa,Nd,Sm, Eu,Gd,Dy,Ho,Er,Tm,Yb,Luのいずれかからなる,  $0.5 \leq m_1 \leq 1.2$ ,  $1.8 \leq m_2 \leq 2.2$ ,  $2.5 \leq m_3 \leq 3.5$ ,  $6.6 \leq m_4 \leq 7.0$ )の結晶構造異方性を示す何れか1種類以上の酸化物高温超伝導体であることが好ましい。

## 【 0 0 3 3 】

上記実施形態は、何れも本発明を実施するにあたっての具体化の例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されてはならな

いものである。すなわち、本発明はその技術思想、またはその主要な特徴から逸脱することなく、様々な形で実施することができる。

#### 【 0 0 3 4 】

本発明の実施形態は、例えば以下のように種々の適用が可能である。

(付記 1) (001)、(100)又は(010)面の表面を有する第 1 の単結晶酸化マグネシウムブロックと、

前記表面上に、該表面に対し垂直に c 軸結晶配向して形成される第 1 の銅酸化物超伝導体膜と

を有する誘電体導波管。

(付記 2) さらに、(001)、(100)又は(010)面の表面を有する第 2 の単結晶酸化マグネシウムブロックと、

前記第 2 の単結晶酸化マグネシウムブロックの表面上に、該表面に対し垂直に c 軸結晶配向して形成される第 2 の銅酸化物超伝導体膜とを有し、

前記第 1 の単結晶酸化マグネシウムブロックは、45度ベント構造を形成するための(011)、(101)又は(110)の表面を有し、該表面上に前記第 2 の銅酸化物超伝導体膜が接触する付記 1 記載の誘電体導波管。

(付記 3) 前記第 1 の銅酸化物超伝導体膜は、 $\text{Bin1Sr}n2\text{Can3Cun4On5}$  ( $1.8 \leq n1 \leq 2.2$ ,  $1.8 \leq n2 \leq 2.2$ ,  $0.9 \leq n3 \leq 1.2$ ,  $1.8 \leq n4 \leq 2.2$ ,  $7.8 \leq n5 \leq 8.4$ )、 $\text{Pbk1Bik2Sr}k3\text{Cak4Cuk5Ok6}$  ( $1.8 \leq k1+k2 \leq 2.2$ ,  $0 \leq k1 \leq 0.6$ ,  $1.8 \leq k3 \leq 2.2$ ,  $1.8 \leq k4 \leq 2.2$ ,  $1.8 \leq k5 \leq 2.2$ ,  $9.5 \leq k6 \leq 10.8$ )、 $\text{Ym1Bam2Cum3Om4}$  ( $0.5 \leq m1 \leq 1.2$ ,  $1.8 \leq m2 \leq 2.2$ ,  $2.5 \leq m3 \leq 3.5$ ,  $6.6 \leq m4 \leq 7.0$ )、 $\text{REp1Bap2Cup3Op4}$  (RE: 希土類元素のうち La, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu のいずれかからなる,  $0.5 \leq m1 \leq 1.2$ ,  $1.8 \leq m2 \leq 2.2$ ,  $2.5 \leq m3 \leq 3.5$ ,  $6.6 \leq m4 \leq 7.0$ ) の結晶構造異方性を示す何れか 1 種類以上の酸化物高温超伝導体である付記 1 記載の誘電体導波管。

(付記 4) さらに、前記第 1 の銅酸化物超伝導体膜の表面に形成される銀を含む保護膜を有する付記 1 記載の誘電体導波管。

(付記 5) さらに、前記第 1 の銅酸化物超伝導体膜に他の部材を接着するために形成される、ガラスフリットを含まない有機物及び銀粉末を含む銀ペースト、又はインジウムの接着膜を有する付記 1 記載の誘電体導波管。

(付記 6) さらに、前記第 1 の銅酸化物超伝導体膜が形成された前記第 1 の単結晶酸化マグネシウムブロックを他の部材に固定するために、前記第 1 の銅酸化物超伝導体膜に直接密着する部分をコバール、インバー、酸化マグネシウム焼結体、安定化ジルコニア、部分安定化ジルコニア、100 K 以下でも変形可能なポリテトラフルオロエチレン、エチレンテトラフルオロエチレンの何れか 1 種類以上で構成した固定具を有する付記 1 記載の誘電体導波管。

(付記 7) さらに、前記第 1 の銅酸化物超伝導体膜が形成された前記第 1 の単結晶酸化マグネシウムブロックを固定するための台座を有する付記 1 記載の誘電体導波管。

(付記 8) 前記第 1 の単結晶酸化マグネシウムブロックは、前記台座に機械的に固定される付記 7 記載の誘電体導波管。

(付記 9) 前記第 1 及び第 2 の銅酸化物超伝導体膜は、 $\text{Bin1Srnn2Can3Cun40n5}$  ( $1.8 \leq n1 \leq 2.2$ ,  $1.8 \leq n2 \leq 2.2$ ,  $0.9 \leq n3 \leq 1.2$ ,  $1.8 \leq n4 \leq 2.2$ ,  $7.8 \leq n5 \leq 8.4$ )、 $\text{Pbk1Bik2Srkk3Cak4Cuk50k6}$  ( $1.8 \leq k1+k2 \leq 2.2$ ,  $0 \leq k1 \leq 0.6$ ,  $1.8 \leq k3 \leq 2.2$ ,  $1.8 \leq k4 \leq 2.2$ ,  $1.8 \leq k5 \leq 2.2$ ,  $9.5 \leq k6 \leq 10.8$ )、 $\text{Ym1Bam2Cum30m4}$  ( $0.5 \leq m1 \leq 1.2$ ,  $1.8 \leq m2 \leq 2.2$ ,  $2.5 \leq m3 \leq 3.5$ ,  $6.6 \leq m4 \leq 7.0$ )、 $\text{REp1Bap2Cup30p4}$  (RE: 希土類元素のうち La, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu のいずれかからなる,  $0.5 \leq m1 \leq 1.2$ ,  $1.8 \leq m2 \leq 2.2$ ,  $2.5 \leq m3 \leq 3.5$ ,  $6.6 \leq m4 \leq 7.0$ ) の結晶構造異方性を示す何れか 1 種類以上の酸化物高温超伝導体である付記 2 記載の誘電体導波管。

(付記 10) さらに、前記第 1 の銅酸化物超伝導体膜が形成された前記第 1 の単結晶酸化マグネシウムブロックを台座に固定するための固定具を有する付記 1 記載の誘電体導波管。

(付記 11) 前記固定具は黄銅製である付記 10 記載の誘電体導波管。

(付記 12) 前記台座は黄銅製である付記 11 記載の誘電体導波管。

(付記 13) 前記固定具は、前記前記第 1 の銅酸化物超伝導体膜が形成された前記第 1 の単結晶酸化マグネシウムブロックにインジウムにより接着される付記 12 記載の誘電体導波管。

(付記 14) 前記固定具は、前記台座に機械的に固定される付記 13 記載の誘電体導波管。



(付記 1 5) さらに、前記第 1 の銅酸化物超伝導体膜が形成された前記第 1 の単結晶酸化マグネシウムブロックを前記固定具と共に固定するための、前記第 1 の銅酸化物超伝導体膜に直接密着する部分をコバルト、インバー、酸化マグネシウム焼結体、安定化ジルコニア、部分安定化ジルコニア、100 K 以下でも変形可能なポリテトラフルオロエチレン、エチレンテトラフルオロエチレンの何れか 1 種類以上で構成した台座を有する付記 6 記載の誘電体導波管。

(付記 1 6) 前記固定具は、前記台座に機械的に固定される付記 1 5 記載の誘電体導波管。

(付記 1 7) さらに、前記第 1 の銅酸化物超伝導体膜が形成された前記第 1 の単結晶酸化マグネシウムブロックを固定するための台座と、

前記前記第 1 の銅酸化物超伝導体膜と前記台座とを接着するための接着層とを有する付記 1 記載の誘電体導波管。

(付記 1 8) 前記接着層は、ガラスフリットを含まない有機物及び銀粉末を含む銀ペーストである付記 1 7 記載の誘電体導波管。

(付記 1 9) 前記台座は、酸化マグネシウム焼結板である付記 1 8 記載の誘電体導波管。

(付記 2 0) (001)、(100)又は(010)面の表面を有する第 1 の単結晶酸化マグネシウムブロックを準備する準備工程と、

前記表面上に、該表面に対し垂直にc軸結晶配向する第 1 の銅酸化物超伝導体膜を形成する形成工程とを有する誘電体導波管の製造方法。

(付記 2 1) 前記形成工程は、スパッタ法又は P L D (pulse laser deposition) 法により第 1 の銅酸化物超伝導体膜を形成する付記 2 0 記載の誘電体導波管の製造方法。

【 0 0 3 5 】

【発明の効果】

以上説明したように、第 1 の単結晶酸化マグネシウムブロックの表面上に対して垂直にc軸結晶配向する第 1 の銅酸化物超伝導体膜を形成することにより、小型かつ低損失（高無負荷Q）の誘電体導波管を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施形態による誘電体導波管の斜視図である。

【図 2】

図 2 (A) ～ (D) は MgO ブロック上に形成される銅酸化物超伝導体膜を示す図である。

【図 3】

本発明の第 2 の実施形態による誘電体導波管の斜視図である。

【図 4】

本発明の第 3 の実施形態による 45 度ベント構造の誘電体導波管の斜視図である。

【図 5】

導波管の保護膜を示す図である。

【符号の説明】

- 1 0 1 MgO ブロック
- 1 0 2, 1 0 7 インジウム
- 1 0 3, 1 0 6 固定具
- 1 0 4 銅酸化物超伝導体膜
- 1 0 8 台座
- 1 1 1 入力電気信号
- 1 1 2 出力電気信号
- 1 2 1 超伝導電流
- 1 2 2 MgO ブロックのユニットセル
- 1 2 3 銅酸化物超伝導体膜のユニットセル
- 1 3 3, 1 3 6 固定具
- 1 3 8 台座
- 2 0 1, 2 0 6, 2 0 7 MgO ブロック
- 2 0 2 台座
- 2 0 3, 2 0 5 銅酸化物超伝導体膜

2 0 4, 2 0 8 接着膜

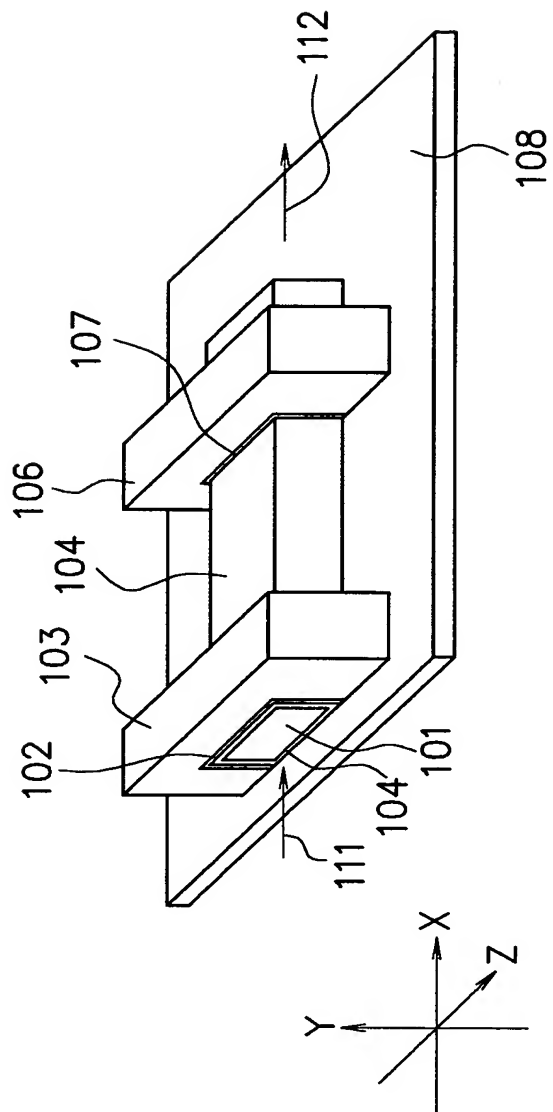
2 1 1 入力電気信号

2 1 2 出力電気信号

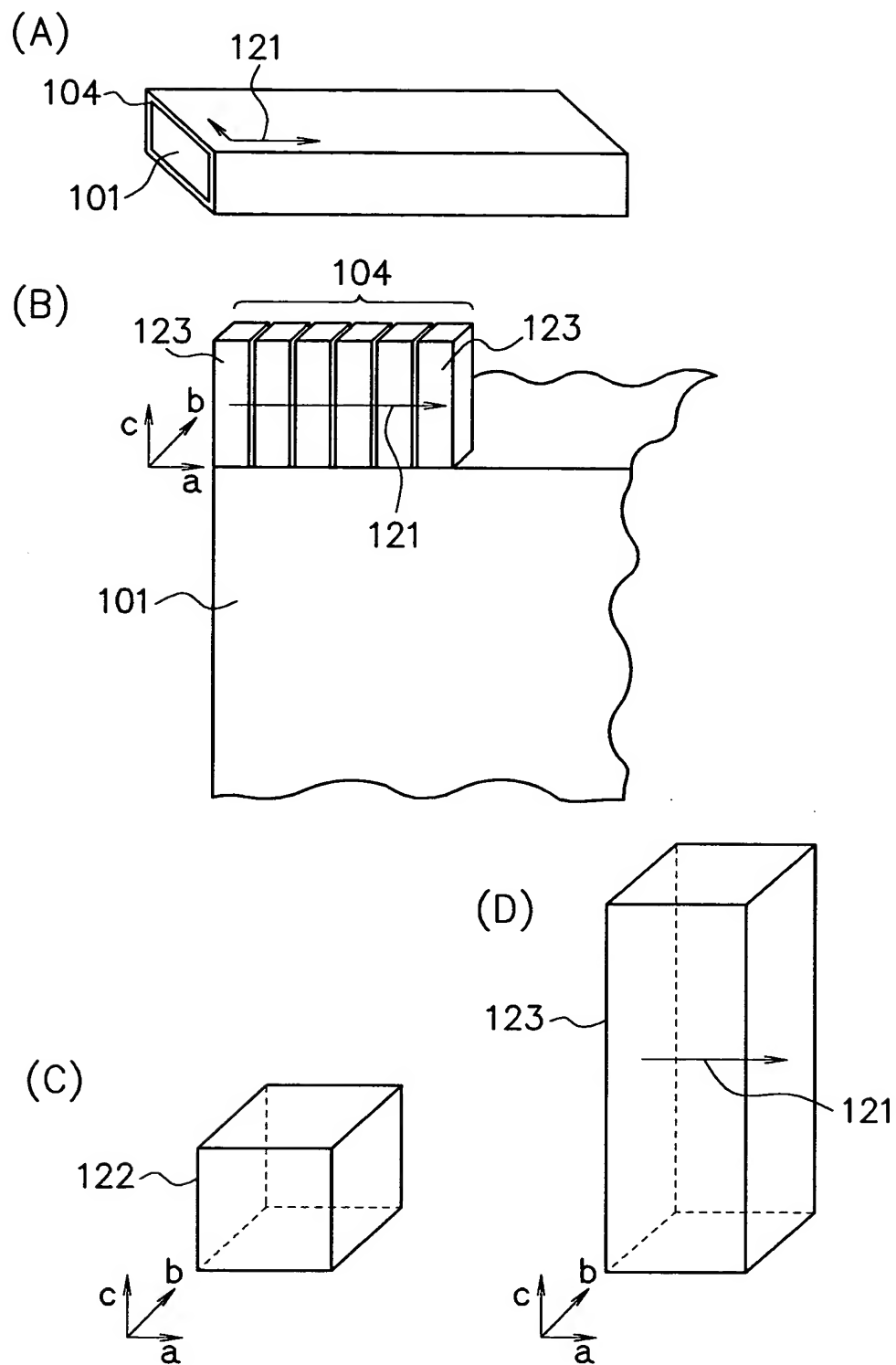
2 2 1 保護膜

【書類名】 図面

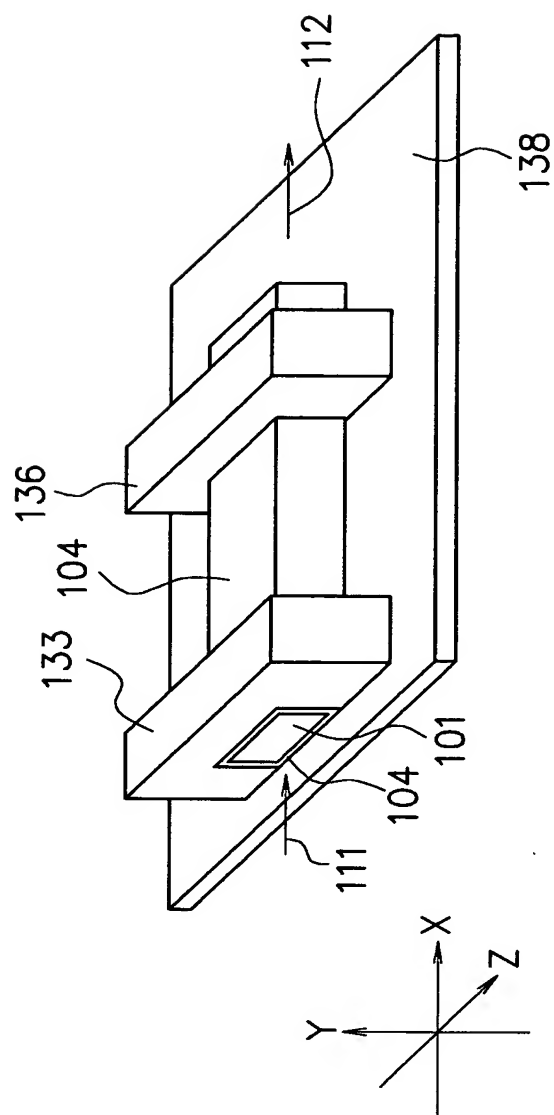
【図 1】



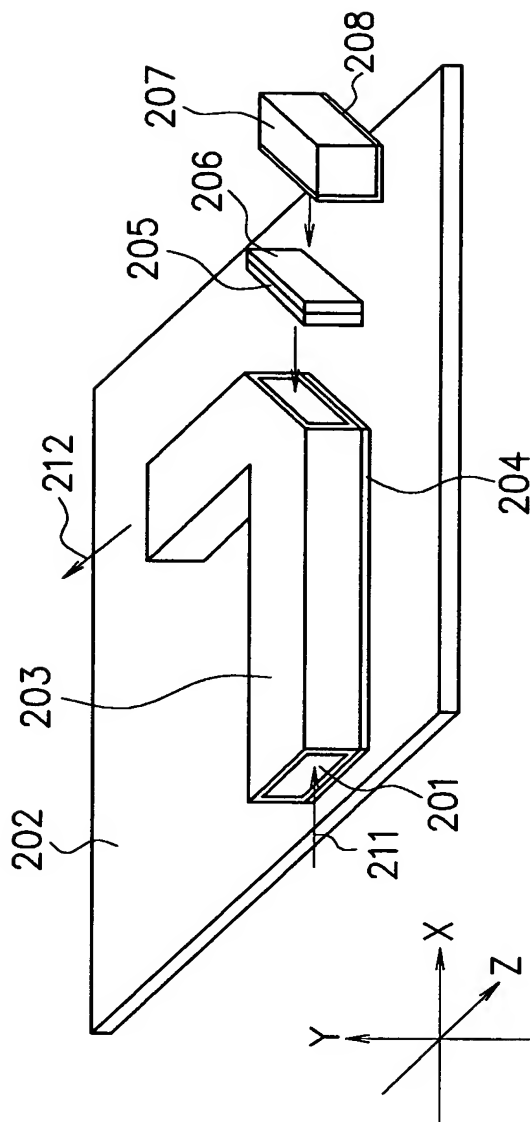
【図 2】



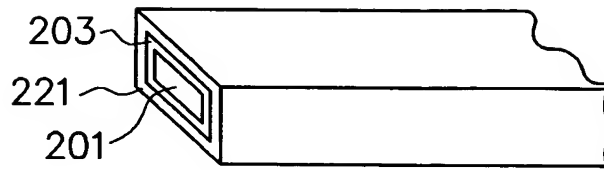
【図 3】



【図 4】



【図 5】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 小型でより低損失（高無負荷Q）を得るための、銅酸化物高温超伝導体を用いた誘電体導波管及びその製造方法を提供することを課題とする。

【解決手段】 (001)、(100)又は(010)面の表面を有する第1の単結晶酸化マグネシウムブロック101と、上記表面上に、該表面に対し垂直にc軸結晶配向して形成される第1の銅酸化物超伝導体膜104とを有する誘電体導波管及びその製造方法が提供される。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 2 2 3 ]

1. 変更年月日	1 9 9 6 年 3 月 2 6 日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号
氏 名	富士通株式会社